arXiv:2303.11670v1 [astro-ph.IM] 21 Mar 2023

WALLABY——SKA 前驱中性氢巡天的数据产品分布不对称

Parra-Royon M.[1],Austin S.[2], Reynolds T.[3] , Venkataraman P.[4], Mendoza MA.[1],Sanchéz-Expósito S.[1],Garrido J.[1], Kitaeff S.[2] 和 Verdes-Montenegro L.[1]

[1]安达卢西亚天体物理研究所（IAA-CSIC），西班牙格拉纳达

mparra@iaa.es

[2]澳大利亚联邦科学与工业研究组织空间与天文学部，邮政信箱 1130，澳大利亚本特利 WA 6102

[3]国际射电天文学研究中心（ICRAR），西澳大利亚大学，斯特灵公路 35 号，澳大利亚克劳利 WA 6009；以及澳大利亚研究理事会全天区三维天体物理卓越中心（ASTRO 3D）

[4]加拿大射电天文数据分析倡议（CIRADA），加拿大。

摘要。宽视场ASKAP L波段遗产全天盲巡天（WALLABY）是一项在澳大利亚SKA先导望远镜（ASKAP）上开展的中性氢巡天（HI）。ASKAP是平方公里阵列（SKA）的先导望远镜。WALLABY旨在利用ASKAP强大的宽视场相控阵馈源技术，以30角秒的角分辨率观测整个天空的四分之三范围内的21厘米中性氢谱线。随后，澳大利亚SKA区域中心（AusSRC）、加拿大射电天文数据分析倡议（CIRADA）和西班牙SKA区域中心原型（SPSRC）将分别开展后处理，生成并公开源目录、运动学模型和图像剪切片等高级数据产品。这些高级数据产品将在各站点本地生成，并在网络中分发。在整个巡天期间，我们预计每个探测到的源需要复制多达10 MB的数据，这意味着需要将数十GB的数据近乎实时地汇总到其他位置。本文探讨采用非对称数据库复制模型和策略，以PostgreSQL为数据库引擎、Bucardo为异步复制服务，从而支持WALLABY数据产品的稳健多源池操作。本研究旨在评估这种适用于全球分布式站点的数据分发解决方案。此外，我们还开发了一组基准测试，以确认所部署的模型能够满足未来的可扩展性和远程协作需求。

1. 引言

SKA天文台（SKAO）将建造地球上灵敏度最高的望远镜，以解答天体物理学、基础物理学和天体生物学领域的关键问题。SKA将由两台射电望远镜组成：一台位于澳大利亚，配备131,072根偶极天线，分为512个台站，每个台站有256根天线；另一套阵列位于南非，配备197面天线。在建设这一大型科学基础设施的过程中，先行项目和

先导项目（如南非 MeerKAT和HERA，以及默奇森宽视场阵列（MWA）和澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）的澳大利亚SKA先导望远镜（ASKAP））正在逐步建成，为SKA科学家提供知识和技术，助力未来SKA的设计与部署。这些设施以及SKA未来的主望远镜都需要具备处理和管理大数据的能力。鉴于大数据具有与5V相关的特征（容量、速度、多样性、真实性和价值），这将在未来几年构成一项技术挑战。

数据管理、访问和基础设施模型将主要采用分布式方式，这一特点对于在全球范围内建设平方公里阵列区域中心至关重要。在此背景下，WALLABY（Koribalski 等人（2020））预计将在本地宇宙中探测到 50 万个星系，每年产生约 75 拍字节的原始数据。基于这些数据，将生成由多站点后处理工作流产生的高级数据产品，例如 AusSRC 和 SPSRC 原型以及 CIRADA 协作项目中的数据产品；这些产品将把望远镜获取的 6级数据提供给科学家使用。WALLABY 在 1 至 2 周内针对 400 至 500 个探测结果提供的数据量约为 5GB，这些数据将近乎实时地分发到网络中的各个位置。这一情形要求在所有站点之间复制并同步数据库表。多站点数据存储库环境对于高效管理数据的分发、访问、位置和交付至关重要。

此外，还必须验证这些数据产品的摄取能否高效地分发到其他站点，同时保持数据一致性，并确保各网络站点减少对源站点的依赖。针对不同场景，人们开发了多种数据库复制、分布和同步方案。本文探讨了一种能够有效解决 WALLABY 数据产品分布问题的模型。

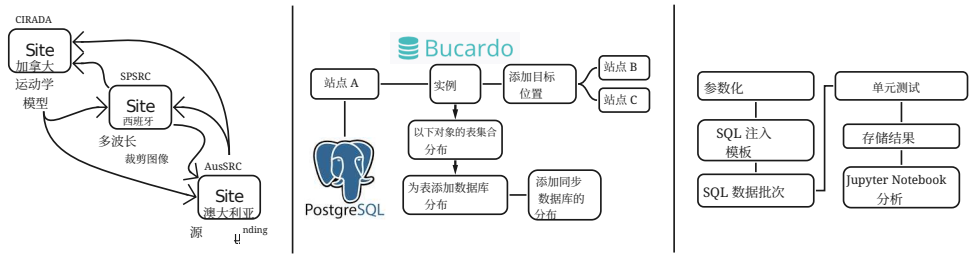


图1. 生产环境中数据位置、源和目标的数据分布结构（左图）。Bucardo 站点的数据分布环境准备（中图）。用于生成、执行基准测试及获取结果的自动化工作流设计（右图）。

2. 问题与约束

为了解决这个问题，我们需要分发存储在本地源站点数据库和表中的后处理数据产品。这些站点在地理位置上彼此分隔，既可以生成数据，也可以作为复制数据的目的地。源的位置中的后处理产品存储在本地 PostgreSQL（Thomas 2017）数据库管理系统中。这些产品可分为轻量级产品，例如

WALLABY这一SKA前身中性氢巡天的数据产品非对称分布

探测结果、流水线执行或运动学模型，以及数据立方体或裁剪图像等大型数据产品。轻量级数据每行约为 10–100 KB，而产品数据每行约为 2 至 10 MB，假设总计有 400–500 个探测结果，每周产生 5 GB 数据。本研究将重点关注大型数据产品，因为它们可能成为此类系统复制过程中的瓶颈。

3. 方法

在此背景下，为解决数据同步问题，有多种工具和服务可利用 PostgreSQL 作为数据库管理系统，在不同位置之间复制数据。考虑到我们的知识基础，并在[1] 充分考虑上一节所述的问题模型和约束后，我们开展了一系列测试与验证，最终决定部署 Bucardo，原因如下：a) 它支持多主复制；b) 它在数据源选择方面提供了细粒度控制；c) 它支持多目标和多数据源；d) 它可通过去中心化方式进行管理；最后，e) 它采用异步方式。

4. 数据摄取场景、复制服务和基准测试部署

随后，澳大利亚SKA区域中心（AusSRC）、加拿大射电天文数据分析倡议（CIRADA）和西班牙SKA区域中心原型（SPSRC）的后处理活动将分别生成可公开获取的高级数据产品，包括源目录、运动学模型和图像剪切片。其设想是，各个位置均提供数据源，并将这些数据源与其他位置进行复制和同步，从而使整个网络都能获取这些数据。

为了准备此环境，我们在每个站点位置部署了一个 Bucardo 服务实例，用于模拟数据产品的不同源和目标。为了注入数据，我们基于西班牙SRC基础设施（Garrido 等，2021年）使用合成数据进行了模拟，同时考虑了 WALLABY 预计的数据量（见第 1 节）。基于这些信息，我们设计了一组测试场景，并通过存储库中详细介绍的基准测试对数据摄取进入数据库的过程进行了建模[1]。

5. 结果

测试执行后获得了一组结果数据。该数据集包含以下事务：对于每种大小为 [0.5, 1, 2, 5, 10] MBytes的数据产品，同时按每批 [2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100]rows插入数据，每种情况重复 5 次，总计 400 笔事务。图 2 总结了结果，表明该系统能够良好地扩展。我们的代码库中提供了 Jupyter Notebook，可用于复现这些结果。

[1]https://github.com/AusSRC/db_replication

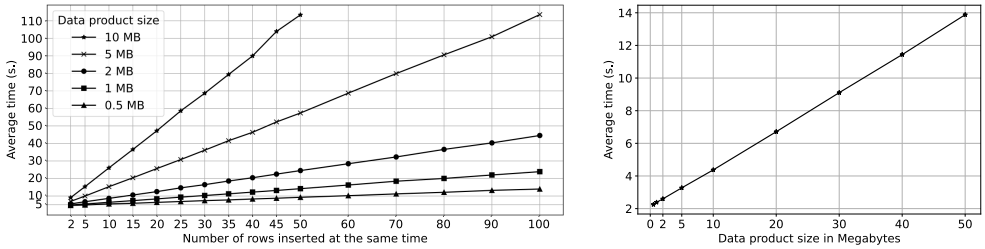


图 2. 对于多种行插入序列，SRC 网络中不同大小数据产品的平均整合时间变化情况（左图）。请注意，对于 10MB 的数据产品，我们发现 PostreSQL 在大批量插入产品时存在限制。单个数据产品的平均整合时间随数据产品大小变化的情况（右图）。

6. 结论

鉴于数据的异质性以及需要克服的较大延迟，在不同位置之间复制数据产品可能是一项复杂的任务，分别会导致数据同步一致性和性能问题。本文设计了一种数据复制模型和策略，能够为 WALLABY 后处理数据产品的分布提供绰绰有余的服务级别，并采用非对称模型。本研究将用于评估这种跨全球分布式站点的数据分布解决方案，并确认已部署的模型足以满足未来的可扩展性和远程协作需求。

致谢

我们感谢以下机构提供的经费支持：a）西班牙科学、创新与大学部下属研究国家机构通过授予安达卢西亚天体物理研究所的“Severo Ochoa 卓越中心”项目（SEV-2017-0709）提供的支持；b）项目 RTI2018-096228-B-C31；c）项目 EQC2019-005707-P；d）项目 SOMM17-5208-IAA-2017；e）用于协调参与 SKA-SPAIN 的预算科目 28.06.000x.430.09；以及 e）54A 科学研究计划项目 D1113102E3。

参考文献

Garrido, J., Darriba, L., Sánchez-Expósito, S., Parra-Royón, M., Moldón, J., Mendoza, M. Á., Luna-Valero, S., Alberdi, A., Márquez, I., & Verdes-Montenegro, L. 2021, 《天文望远镜、仪器与系统杂志》, 8, 011004 Koribalski, B. S., Staveley-Smith, L., Westmeier, T., Serra, P., Spekkens, K., Wong, O., Lee- Waddell, K., Lagos, C., Obreschkow, D., Ryan-Weber, E. V., 等. 2020 年 , 《天体物理学与空间科学》 , 365, 1 Thomas, S. M. 2017, 《 PostgreSQL 高可用性指南》(Packt 出版有限公司)